

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-341749

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H02K 15/02  
G21D 9/00

(21)Application number : 10-141299

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 22.05.1998

(72)Inventor : KAIDO TSUTOMU  
WAKIZAKA TAKEAKI

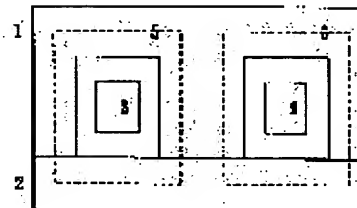
## (54) METHOD OF ANNEALING IRON CORE IN MAGNETIC FIELD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To anneal an iron core easily in a magnetic field, by generating a magnetic field to be applied to an iron core by a coil, and also, heating the iron core by the heat generation from the coil or the application of high frequency magnetic field from the coil thereby annealing it.

SOLUTION: E I iron cores 1 and 2 are ones being made of bidirectional electromagnetic steel plates, and currents are let flow to heating wires 3 and 4 so as to heat the E I iron cores 1 and 2. These heating wires 3 and 4 double as windings for magnetic field generation, and generate magnetic fluxes 5 and 6 at annealing, so they are annealed in the magnetic field. Currents are let flow to the heating wires 3 and 4 so as to anneal them for about two hours at about 800° C. In this case, the currents being let flow to the heating wires 3 and 4 are rectangular pulses of 50 Hz in frequency, and the effective value of the currents is adjusted with the control of pulse width so as to adjust the temperature.

Then, the quantity of heating is reduced, and they are cooled at the rate of about 100° C/hour, by narrowing the pulse width, with the peak value of the pulse current constant. As compared with the case where they are annealed by usual annealing method, there is little difference in magnetic properties for the ones where the annealing in a magnetic field is applied, and the same effect can be obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-341749

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 2 K 15/02

H 0 2 K 15/02

F

C 2 1 D 9/00

C 2 1 D 9/00

S

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-141299

(22) 出願日 平成10年(1998)5月22日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 開道 力

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
会社技術開発本部内

(72) 発明者 脇坂 岳顕

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
会社技術開発本部内

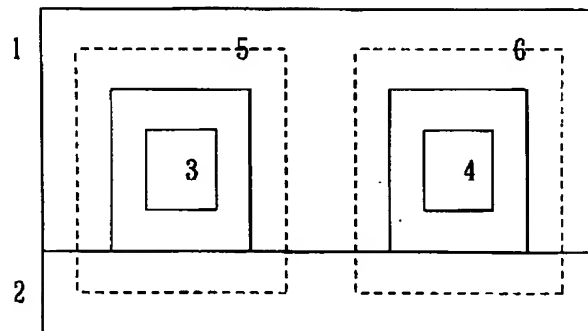
(74) 代理人 弁理士 田村 弘明 (外1名)

(54) 【発明の名称】 鉄心の磁界中焼鈍方法

(57) 【要約】

【課題】 工程増加やコストアップが少なく、経済的な磁界中焼鈍の方法を提供する。

【解決手段】 鉄心に磁界を印加しながら焼鈍する鉄心の磁界中焼鈍方法において、鉄心に印加する磁界をコイルによって発生すると共に、前記コイルからの発熱若しくは前記コイルからの高周波磁場印加によって鉄心を加熱して焼鈍することを特徴とする磁界中焼鈍方法。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 鉄心に磁界を印加しながら焼鈍する鉄心の磁界中焼鈍方法において、鉄心に印加する磁界をコイルによって発生すると共に、前記コイルからの発熱若しくは前記コイルからの高周波磁場印加によって鉄心を加熱して焼鈍することを特徴とする磁界中焼鈍方法。

【請求項 2】 鉄心に印加する磁界が、製品の使用状態における磁束流れに相当することを特徴とする請求項 1 記載の磁界中焼鈍方法。

【請求項 3】 焼鈍温度が鉄心材料のキュリー点より 100℃低い温度以上とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の磁界中焼鈍方法。

【請求項 4】 電磁鋼板からなる鉄心を用い、焼鈍温度を 600℃以上とする請求項 1 又は 2 記載の磁界中焼鈍方法。

【請求項 5】 巻線に通電する電流のピーク値を制御して、発生する磁界の最大値が室温において鉄心材料の有する保磁力の 2 倍以上の値となるようにすると共に、前記電流の波形を変化させて電流の実効値を変化させることにより、鉄心の加熱温度を制御することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の磁界中焼鈍方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、高性能の鉄心の特性改善を行う磁界中焼鈍に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】従来、磁性材料の特性改善方法として、磁界中焼鈍がある。しかし、実用的には焼鈍炉の他、巻線と電源が必要となり、工程増加やコストアップになり問題である。

**【0003】**

【発明が解決しようとする課題】本発明は、鉄心を容易に磁界中焼鈍する方法を提供するものである。

**【0004】**

【課題を解決する手段】本発明の特徴とするところは、以下の通りである。

(1) 鉄心に磁界を印加しながら焼鈍する鉄心の磁界中焼鈍方法において、鉄心に印加する磁界をコイルによって発生すると共に、前記コイルからの発熱若しくは前記コイルからの高周波磁場印加によって鉄心を加熱して焼鈍することを特徴とする磁界中焼鈍方法。

【0005】(2) 鉄心に印加する磁界が、製品の使用状態における磁束流れに相当することを特徴とする前記(1)記載の磁界中焼鈍方法。

【0006】(3) 焼鈍温度が鉄心材料のキュリー点より 100℃低い温度以上とすることを特徴とする前記(1)又は(2)記載の磁界中焼鈍方法。

【0007】(4) 電磁鋼板からなる鉄心を用い、焼鈍温度を 600℃以上とする前記(1)又は(2)記載の磁界中焼鈍方法。

【0008】(5) 巻線に通電する電流のピーク値を制御して、発生する磁界の最大値が室温において鉄心材料の有する保磁力の 2 倍以上の値となるようにすると共に、前記電流の波形を変化させて電流の実効値を変化させることにより、鉄心の加熱温度を制御することを特徴とする前記(1)、(2)、(3)又は(4)記載の磁界中焼鈍方法。

**【0009】**

【発明の実施の形態】鉄心はモータ、アクチュエータ、変圧器等のエネルギー変換装置に用いられるもの、インダクタ、リアクトル等の電気回路、制御回路の素子に用いられるもの、センサに用いるもの、また磁束或いは磁界発生のために使用されるもので、鉄心に発生する磁束や磁界の動作を用いたり、磁気現象を用いて検知したい物理量、化学量を検出したりするために用いられるものである。

【0010】鉄心は一般の軟質磁性材料であり、非晶質磁性材料、電磁鋼板やその積層体であり、また複数の分割鉄心を組み合わせたものでも良い。

【0011】鉄心素材としては電磁鋼が一般的であり、Si を含んだ珪素鋼板、Si を含まなくあるいは殆ど含まない冷延鋼板、電磁厚板であり、板状、塊状、線状のものでも良い。電磁鋼の製造方法はどのような方法でも良い。板状の電磁鋼板ではどのような板厚でも良く、一般に使用される 0.35mm、0.5mm 以外の 0.2mm 以下の薄板も含まれる。電磁鋼板には無方向性電磁鋼板、方向性電磁鋼板、二方向性電磁鋼板等があるがどのような集合組織を有する電磁鋼板であっても良い。

【0012】本発明において、鉄心を磁界中焼鈍するにあたり、磁界発生のための巻線が鉄心を焼鈍するための発熱手段であることが特徴である。巻線によって鉄心を発熱させる方法は、巻線自体が発熱体である場合と巻線による高周波加熱の場合とがある。発熱体はどのような発熱体でも良く、ニクロム線、カンタル線、シリコニットなどが用いられるが、流す電流と発熱量を最適にできる発熱体の素材を選定すると良い。高周波加熱を用いる場合、巻線により高周波磁界を発生させ、鉄心に生じる鉄損による発熱を利用する。磁界中焼鈍に使用する磁界は直流だけでなく、交番磁界や回転磁界でも良い。

【0013】磁界中焼鈍に用いる磁界は鉄心を実際に使用する場合の磁束流れに対応したものであると良い。焼鈍温度は実施例 2 に示されるようにキュリー点より 100℃低い温度以上であると効果が大きい。再結晶等で鉄心の磁気特性に悪い影響を与えない限りにおいて焼鈍温度を高くすることができる。電磁鋼板で構成されている鉄心において、焼鈍温度が実施例 3 のように 600℃以上であると良い。冷却時にも磁界が印加されていることが好ましいが、磁界中焼鈍効果がない低温度域では必ずしも磁界を一定以上に維持する必要はない。

【0014】本発明は、加熱と磁界印加との双方を巻線

に流す電流によって行うものであるが、該電流は周期的に所定の値以上に維持し、また該電流の波形を制御して加熱温度の制御を行うことが好ましい。ここで、所定の値とは磁界中焼鈍に必需な最低の電流値であって、巻線に通電することによって発生する磁界の最大値が、常温において鉄芯材料が有する保磁力の2倍以上の値を保つことができる最小の電流値のことをいう。なお、鉄芯材料が有する保磁力とは、励磁最大磁界/保磁力 $>10$ となるように励磁した場合の値をいうものとする。このように、鉄芯材料が有する保磁力の2倍以上の磁界を印加しながら磁界中焼鈍を行うようにするのは、それ未満の磁界を印加しても鉄芯材料は十分に励磁されず、磁界方向に所望の磁束密度を得ることができないためである。

【0015】また、電流の波形を制御して加熱温度の制御を行うには、電流型のパルス幅変調法（PWM法）を用いればよい。PWM法を用いて巻線の抵抗発熱量を制御する場合には、変調のデューティを大きくすればピーク電流の大きさが一定でも加熱を強くでき、変調のデューティを小さくすればピーク電流の大きさが一定でも加熱を弱くでき、また冷却過程も制御できる。一方、電流の周期があまりに短くなると鉄芯内に渦電流損が発生し、鉄芯に磁束が流れ難くなるので、ピーク値の周期は室温で磁束が応答できる時間よりも長い方がよいが、あまり長くすると磁界中焼鈍の効果が低減するので、磁界中焼鈍の効果を維持できる範囲とする必要がある。また、ピーク電流の値を十分大きくして磁界中焼鈍効果を十分に確保した上で、ピーク値の周期が短い高周波数の電流を用いる方法もある。

#### 【0016】

【実施例】【実施例1】E1鉄心を磁界中焼鈍する実施例を図1に示す。E1鉄心1、2は二方向性電磁鋼板からつくられたもので、発熱線3、4に電流を流し、E1鉄心1、2を加熱する。この3、4は磁界発生用巻線も兼ねており、焼鈍時には磁束5、6を発生させているので、磁界中焼鈍される。発熱線3、4に電流を流し、800℃で2時間焼鈍する。この場合、発熱線3、4に流す電流は周波数50Hzの矩形パルスであり、パルス幅制御で電流の実効値を調整し、温度調整した。その後、パルス電流のピーク値は一定で、パルス幅を狭くすることにより、加熱量を減少させ、100℃/時間で冷却した。従来の焼鈍方法（磁界発生巻き線を別途施した方法）で焼鈍した場合と比較して、本発明の磁界中焼鈍を施したものは殆ど磁気特性に差が無く、同等の効果が得られた。

【0017】【実施例2】巻鉄心を磁界中焼鈍する実施例を図2に示す。鉄心11は鉄系非晶質磁性材料Fe<sub>80.5</sub>B<sub>7</sub>Si<sub>12</sub>C<sub>0.5</sub>（キュリー温度410℃）でつくられたもので、発熱線12に電流を流し、鉄心11を375℃に加熱する。この12は磁界発生用巻線も兼ねており、焼鈍時に磁界を発生させているので、磁界中焼鈍

される。この場合、発熱線12に電流を流す電源はキャリア周波数1kHzの電流型パルス幅制御で調整される。その後、パルス電流のピーク値は一定で、パルス幅を狭くすることにより、加熱量を減少させ、100℃/時間で冷却した。従来の磁界中焼鈍と遜色ない磁気特性が得られた。

【0018】焼鈍温度375℃以外にキュリー温度より100℃低い温度からキュリー温度以上でも実施した結果を表1に示す。キュリー温度より100℃低い温度310℃でも磁束密度、鉄損とも改善されていることが分かる。

【0019】次に、印加する磁界の実効値を変化させて行った磁界中焼鈍の結果を表2に示す。印加磁場が400A/mと1200A/mの磁界中焼鈍は本発明の方法で行い、それ以外は比較例である。比較例では、従来通り加熱炉を用いて無磁界で焼鈍を行うか、或いは従来通り、通常の磁界印加用の巻線により磁界を印加すると共に加熱炉を用いて磁界中焼鈍を行った。

#### 【0020】

【表1】

焼鈍温度	80A/mの 磁束密度(T)	1.3T 50Hzの 鉄損(W/kg)
無焼鈍	0.76	0.5
310℃	1.08	0.45
375℃	1.38	0.12
410℃	1.39	0.13
450℃	1.31	0.28

#### 【0021】

【表2】

印加磁界 実効値	80A/mの 磁束密度(T)	1.3T 50Hzの 鉄損(W/kg)
なし	1.18	0.25
80	1.21	0.23
400	1.28	0.18
1200	1.38	0.12
4000	1.39	0.12

【実施例3】無方向性電磁鋼板50A700からなるE1鉄心を本発明の方法で磁界中焼鈍した。方法は実施例1と同じであり、焼鈍温度を変化させた。無焼鈍の場合の鉄損値に対して、600℃では0.9倍、700℃では0.75倍、750℃では0.65倍の鉄損を示し、無方向性電磁鋼板の場合、磁界中焼鈍の温度は600℃以上で効果があることが分かる。

#### 【0022】

【本発明の効果】本発明による磁界中焼鈍は、加熱に使用される発熱線で、磁界中焼鈍する為の磁界発生も同時に行われるので、別に磁界発生のための巻線を設けることなく、加熱のための電源と磁界発生の電源を共用できる。従って、焼鈍炉を必要とせず、非常に経済的である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】E1鉄心を磁界中焼鈍する実施例。

(4)

特開平 1 1 - 3 4 1 7 4 9

【図 2】巻鉄心を磁界中焼鈍する実施例。

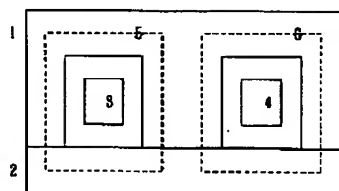
【符号の説明】

1、2、11：鉄心

3、4、12：発熱線兼磁界発生用巻線

5、6：磁束

【図 1】



【図 2】

